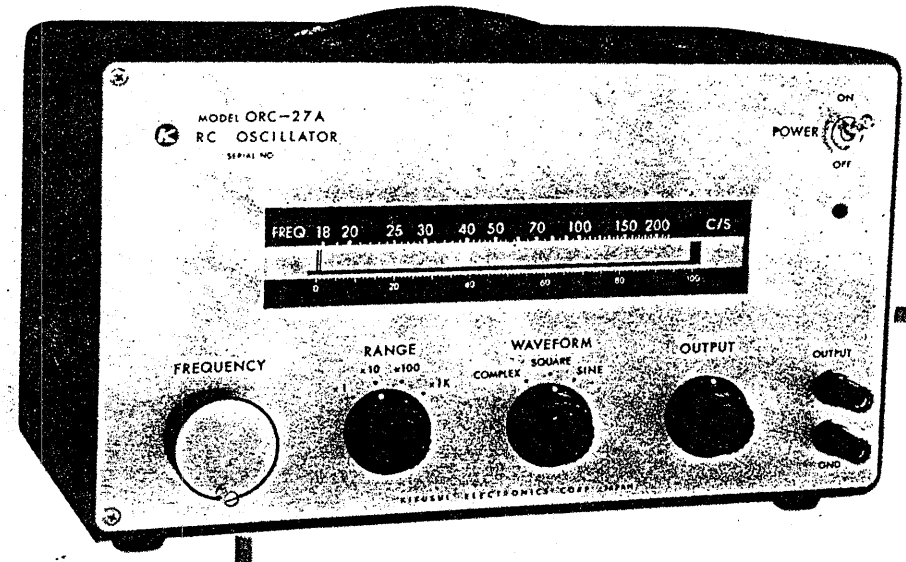


RC発振器

ORC-27A形

取扱説明書

□菊水電子工業株式会社□

RC低周波発振器　ORC-27A形　取扱説明書

ごあいさつ

このたびは、菊水電子のRC低周波発振器　ORC-27A形をお選びくださいまして誠にありがとうございました。

菊水電子は、常に新しい時代の要求と皆様のご意見を反映した製品企画にもとづいて、よりすぐれた製品を皆様にお届けできるように心がけております。　品質、性能はもちろん、デザイン、価格等のすべてにわたって、かならずご愛用者皆様のご満足をいただけるものと信じています。

本説明書ご覧の上、皆様の実験、研究、生産に、菊水製品を十二分にご活用いただくようお願いいたします。

□目　次

RC低周波発振器ORC-27形　仕様
概説 …… 3
仕様 …… 3
パネル面 …… 4
調整孔・サーミスタ交換孔・ケースの取りはずし方 …… 5
RC発振器の概要　概説 …… 6
NF回路 …… 9
フィードバック制御 …… 10
RC低周波発振器ORC-27A形の回路
RC発振回路 …… 12
クリッパー回路 …… 12
複合波形成 …… 13
IMを測定する …… 14
出力回路 …… 18
付属回路 …… 18
保守　発振周波数校正 …… 19
周波数標準 …… 20
周波数の校正 …… 21
RC低周波発振器ORC-27A形の応用
容量計としての利用法 …… 22
RC低周波発振器ORC-27A形回路図 …… 23

□RC低周波発振器ORC-27A形　仕　様

□概説

本機は、周波数を連続変化させるに最も好都合なウィーン・ブリッジ回路を採用し、簡単な構成と優れた性能をほこるRC低周波発振器です。

発振周波数は、18Hz ～ 200kHz（4レンジ）で、周波数ダイアルは、スライドルール形を採用し、スケールミラーにより読取視差を少なくしています。

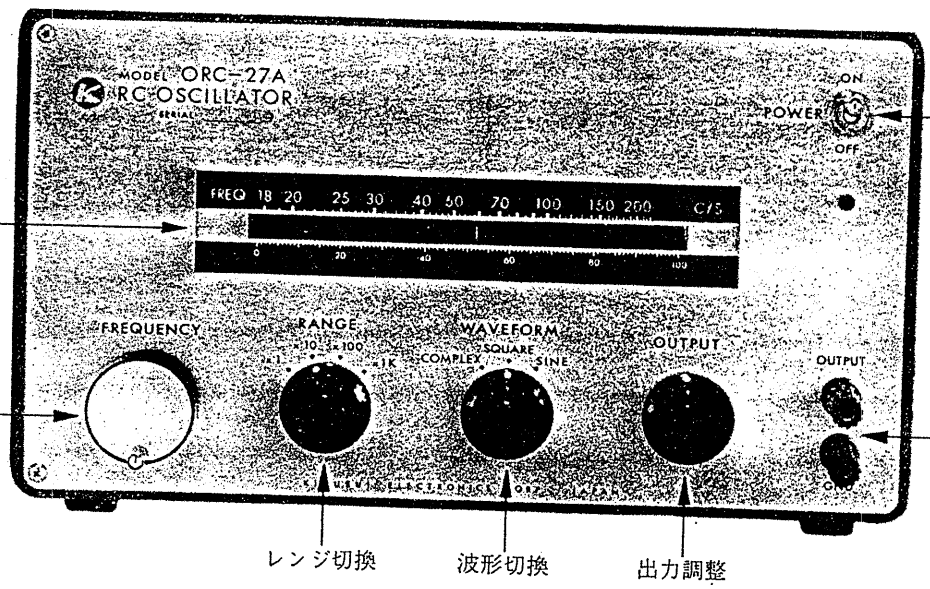
また、サーミスタの使用により、出力の周波数と電圧が極めて安定であり、歪率が非常に少なく、正弦波、方形波のほかIM（混変調）を測る複合波の3波形がでます。

□仕様

□電　源	……	100V，50/60Hz，消費電力約30VA
□寸　度	……	300W×170H×153Dmm
	(最大部)……	300W×180H×190Dmm
□重　量	……	約5kg
□付属品	取扱説明書……	1
	試験成績表……	1

□周波数レンジ	×1 ……	18 ～ 200Hz
	×10 ……	180 ～ 2,000Hz
	×100 ……	1,800 ～ 20,000Hz
	×1k ……	18 ～ 200kHz
□周波数誤差	18Hz ～ 200kHzに対し	±(2%+1Hz)
□周波数安定度	AC100V±5%に対し	……最大 1 %
□出力電圧安定度	AC100V±5%に対し	……最大0.5dB
□正弦波		
最大出力電圧	……	最小5V RMS
周波数特性	……	最大±0.5dB(1000Hz基準)
歪率	……	最大 1 %(1000Hzにて)
□方形波		
出力電圧	……	最小 10V p-p
周波数特性	……	最大±0.5dB (20 kHz以下)
水平部の傾斜とはね返り	……	最大 1dB (20kHz以下)
□複合波		
出力電圧	……	最小 10V p-p
ベース	……	電源周波数
重畳波	……	18Hz ～ 200kHz
振巾比	……	約 4 : 1
□出力インピーダンス	……	最大 3kΩ

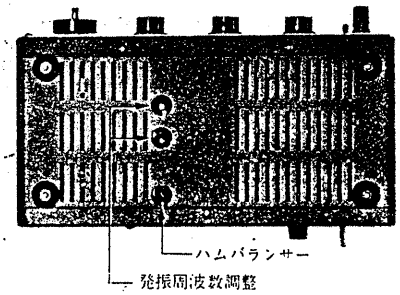
□RC低周波発振器ORC-27A形　パネル面



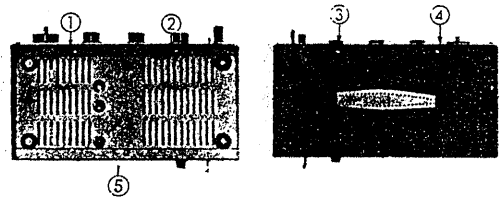
□RC低周波発振器ORC-27A形　調整孔・ケースの取りはずし方

□調整孔

二調整孔

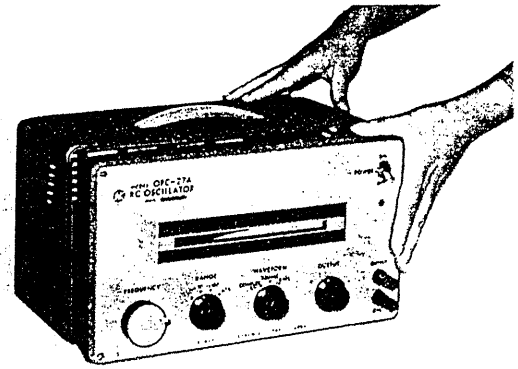


□ケースの取はずし方



□5個のプラスネジをはずします。

□前方へ引出せばケースからはずせます。



□RC低周波発振器の概要

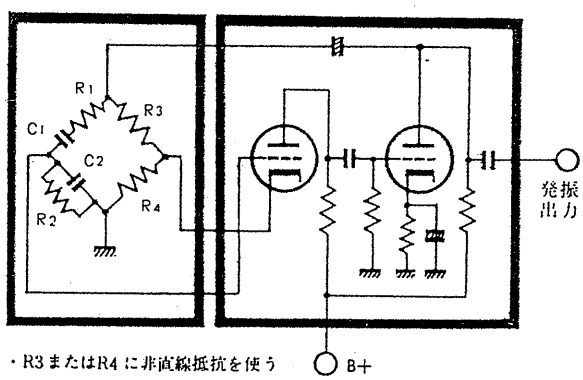
□概説

本機は、ウイーン・ブリッジ形のＲＣ発振回路を使用しました。　数あるＲＣ発振回路のうち周波数を連続変化させるのにもっとも好都合で、性能も他の形式をはるかに抜いていますから、ＲＣ発振器といえばウイーン・ブリッジ形を指すほど多く採用されている方式です。

◆第１図◆

☒このＲＣ形　発振器は、ウィーン・ブリッジと増巾器とを、下のように組合せたものです。

ウィーン・ブリッジ　　増　巾　器



ウイーン・ブリッジ形発振器は、ウイーン・ブリッジと増巾器を第1図のように組合せたもので、普通ブリッジの一辺に熱を仲介とする非直線抵抗を挿入します。

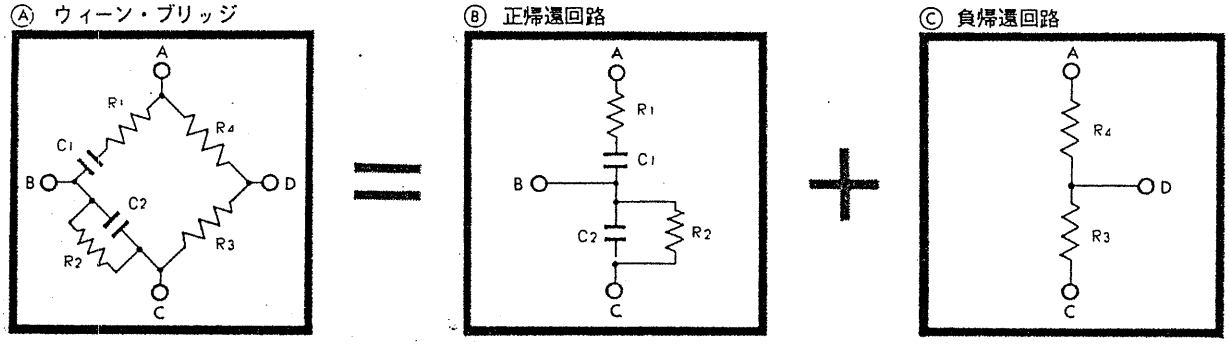
非直線抵抗とは、電圧または　電流の値で抵抗値が変る抵抗のことで、正の帰還（ＰＦ）が強すぎて発振出力が大きくなると自動的に負の帰還（ＮＦ）が余計にかかり、つねに一様な強さの発振を継続させるはたらきがあり、同時に増巾器の飽和をさけることができますから、歪の少ない発振出力を取出すことができます。

第２図はウイーン・ブリッジで、抵抗とコンデンサを組合せた周波数選択回路がＰＦを、抵抗だけの回路がＮＦを受持っています。　P.F回路は、第３図（８頁）のようにＬとＣの同調に似た性質を表わします。　つまり、Ａ－Ｃ間に一定の交流電圧を与えてＢ－Ｃ間の電圧を調べてみますと、周波数が、

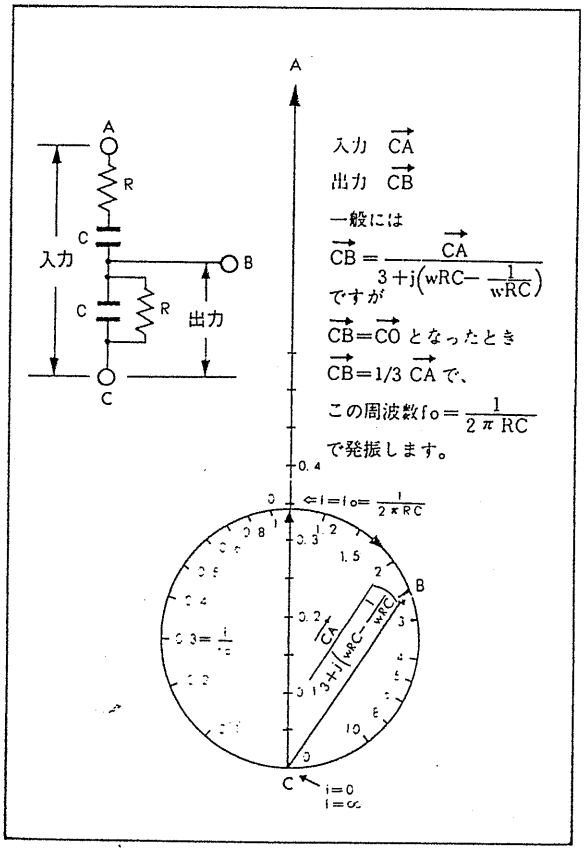
$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

のとき最大になり、C_1 と C_2 および　R_1 と R_2 がそれぞれ等しいとすれば、ちょうどＡ－Ｃ間の電圧の 1/3 で、しかも両者の位相が一致します。

◆ 第 2 図 ◆　　⊠ウィーン・ブリッジを分解して考えると……



◆ 第3図 ◆　発振周波数のきまり方



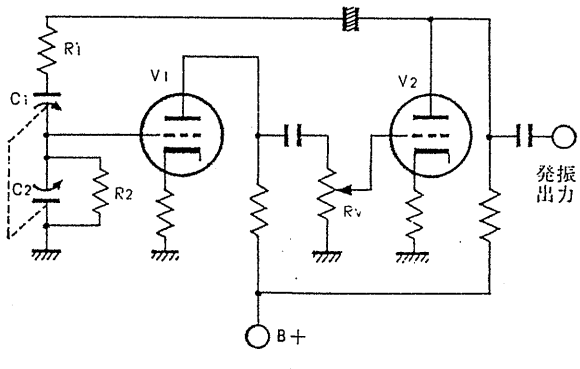
この性質を応用して第４図のような発振器を作ることができます。　R_v は増巾器の増巾度を３倍に調整する可変抵抗です。

フィード・バック増巾器の増巾度Ａ′は、帰還率β、帰還する前の増巾度Ａとの値に、

$$A' = \frac{A}{1 - A\beta}$$

の関係があることはご承知の通りで、この式の分母 $1-A\beta$ が０になれば、Ａ′は無限大になり、発振することを意味します。

◆ 第 4 図 ◆　ごく簡単な発振器



第5図の回路にこの方式をあてはめてみますと、

$$1-A\beta=1-3\times\frac{1}{3}=0$$

になり、発振することがわかります。

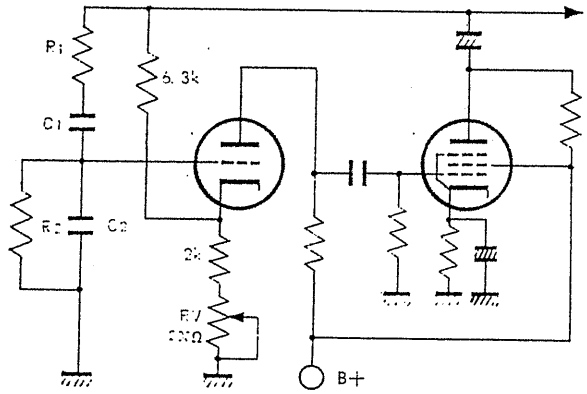
第4図の発振回路は、電源電圧が下ったり、真空管が劣化して増巾度が3よりわずかでも落ちれば発振が止まります。このことを恐れて、あらかじめ正常状態で増巾度を3倍以上にしておくと、PFが強すぎて V_1 か V_2 が飽和するまで発振が強くなり、波形は、方形波に近いはなはだしく歪んだものになります。　こんな理由で第4図の回路を実用化するには電源電圧や、真空管特性の多少の変動に対して増巾度が変化しない増巾回路がないと実用になりません。

□NF回路

安定度のよい増巾器はNFによって簡単に得られます。NFした増巾器のゲインは、A×β が1より充分大きいときは、ほとんどβだけできまり、Aβ が大きいほど安定です。この事実を第4図のORCに適用すると第5図ができあがります。R_v は、NF回路のβを微少に変化してA'を3に調整する可変抵抗で、第4図にくらべるとだいぶ実用的になっています。

しかし、PF回路のRとC、NF回路のRなどは、つねに絶対一定の値ではなく、温度や時間、あるいは印加電圧によって多少の差こそあれ変化することはさけられません。　特に C_1、C_2 を可変にして周波数を変えるときは、C_1 と C_2 を完全に一致させることはできない相談です。　そうすると $R_1=R_2$、$C_1=C_2$ として考えた第3図の関係が崩れますから、発振するために必要な増巾度も変り、その都度 R_v を調整してやらなければなりません。

◆ 第5図 ◆ 抵抗NF をかけた発振器



□フィード・バック制御

フィード・バックといいますとNFやPFを思い出しますが、広い意味のフィード・バックは『入力の変化を検出して、入力の変化を連続的に打消すか助長する』制御方式のことを指しています。

第4図の発振器は、増巾度が不安定なことが欠点でした。それを改善したはずの第5図の発振器は、増巾度が一定である点が不都合を生じています。　そこでフィード・バック制御を応用してPF回路の変化を検出し、自動的に増巾度を調整してやるのです。

第6図はその一例で、PFが大きすぎると出力電圧が増し、それを2極管で整流して得た負の直流電圧を増巾管のバイアスとして与えるAGC方式です。

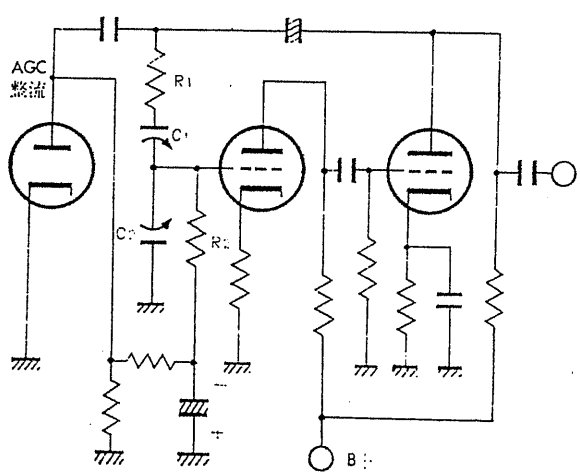
これは、出力電圧の安定度が悪く、増巾器にNFがかかっていませんから波形も同様で、現在ではほとんど顧みられず、つぎのNF可変形があらゆる点ではるかにすぐれています。

『NF可変形フィード・バック制御』を行うには、タングステン・ランプのように正の非直線抵抗を利用する場合があります。

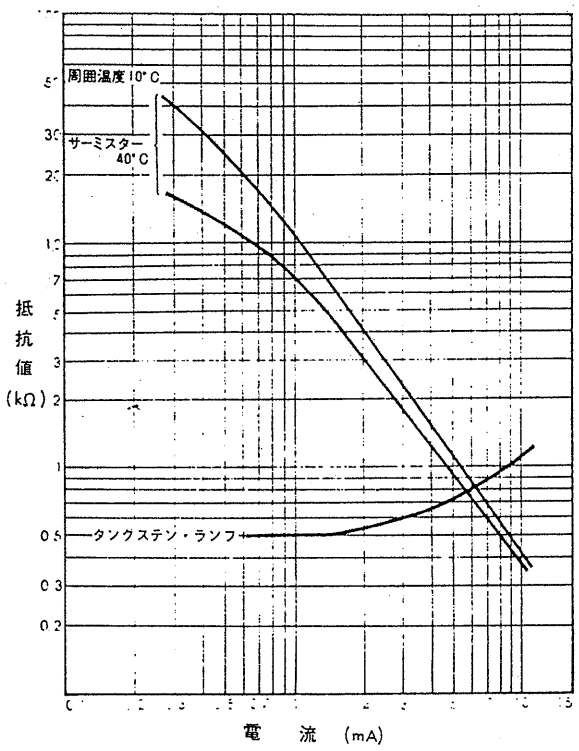
第7図はその特性の一例で、通過する電流が増加すると内部で発生する熱量 I^2R によって加熱されて温度が上り、タングステン・ランプの場合は抵抗が増し、サーミスタでは減少します。

第8図Aはタングステン・ランプ使用の例、第8図Bはサーミスタ使用の例で、ランプと挿入場所が変っています。

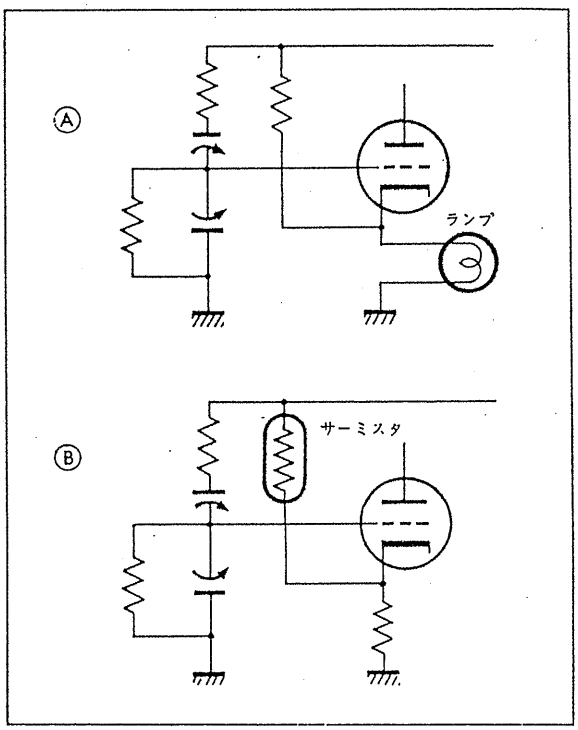
◆ 第6図 ◆　AGC回路を附加した発振器



◆第7図◆ サーミスタの電流特性



◆第8図◆ サーミスタとランプの挿入場所



□RC低周波発振器ORC-27A形の回路

□RC発振回路

本機は、非直線抵抗にサーミスタを使用しました。第7図から明らかなように、ランプよりも電流変化に対する抵抗値変化が大きくとれるので、安定度が飛躍的に向上する点（第9図と第10図参照）と、ランプ使用の回路では、もし電源電圧が変化するとランプに流れているカソード電流が変るので、出力電圧が変化するのを嫌ったのです。

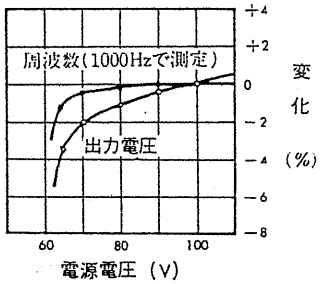
RC回路に組合せる増巾器は、200 kHzという高周波を発振させることと、周囲温度に対する安定度を考慮して、増巾度が大きく位相特性がよく、必要な出力電圧を飽和せずに取出せるものであればよいのです。

□クリッパー回路

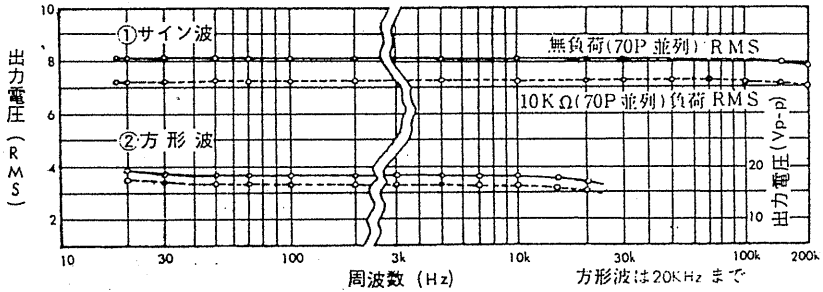
方形波の効用をひとくちにいうと、きわめて簡単に、きわめてシビアにアンプの特性を判定できる点にあります。 振巾の周波数特性を調べて見て実験誤差の範囲内にある位相変化でも、方形波を通してみると明瞭に波形の崩れとなってあらわれます。（第11図参照）

第12図は、本機に採用したクリッパー回路で、双三極管の12AT7を使ってみました。この場合、正弦波と方形波の出力電圧（p—p値で）に大差がない利点があります。12AX7では方形波出力がへり、12AU7では多少切味が悪いかわりに出力電圧は3管の中で最大です。

◆第9図◆ 電源電圧の変化に強い



◆第10図◆ 周波数特性はこのようにフラットである。

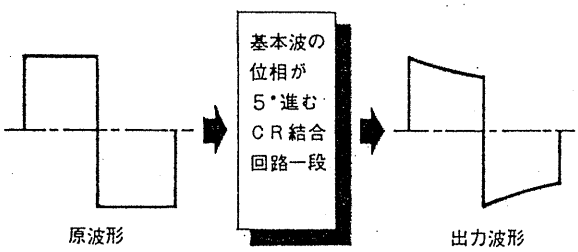


また、安価な6AV6を2本使用する手もあります。 V_3のヒータ・カソード間の耐圧は、真空管が正常であるかぎり心配ありません。　本回路で作られる方形波は、20 Hz から 20 kHz 程度までで、それ以上になると多少ダレてきます。

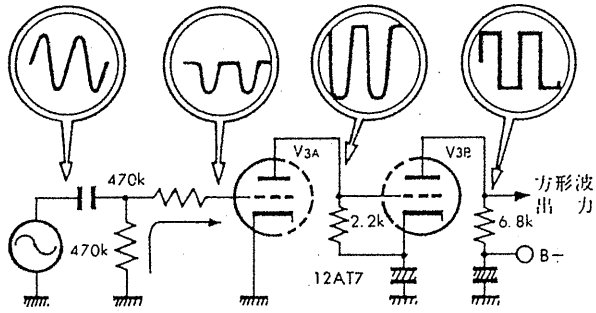
□複合波の形成

これは混変調（ＩＭ）歪を測定するためのもので、第13図のようなものです。 普通ＩＭ測定に使用する複合波は50または60 Hzの電源周波数を低音とし、それの 1/4 の振巾をもつ数 kHz の高音周波数をその上に乗せています。1/4 の振巾比を得るには図の 100～150 kΩ の抵抗を調整すればよく、高音周波数は自由に選べます。

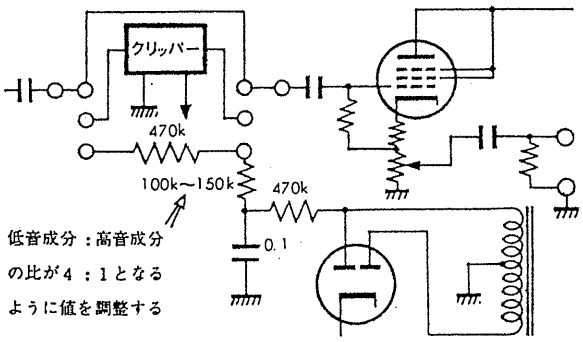
◆第１１図◆　わずかな位相歪もわかる



◆第１２図◆　クリッパー回路により、正弦波が方形波に変化する様子をオシロ波形で示したもの



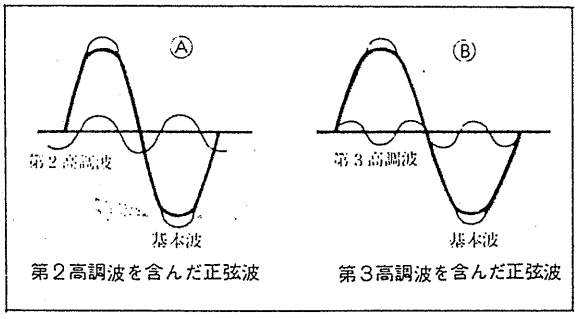
◆第１３図◆　混変調(IM) 歪測定切換回路



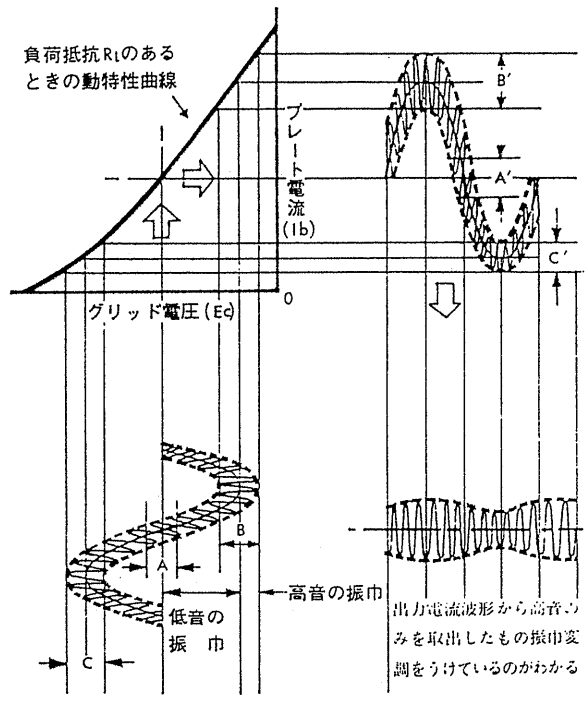
□ＩＭを測定する

混変調(IM)と高調波歪とは、楯の両面にたとえることができると思います。高調波歪は入力電圧と出力電圧が完全に直線ではない一比例しないために現われ、入力波形の整数倍の高調波が出力波形に加えられるもので、第14図のAは第２高調波、Ｂは第３高調波が混入した歪波形の一例として、三極出力管と五極出力管の出力電圧波形をしめしたものです。この高調波歪を発生する回路へ、同時に二つ以上の正弦波を入れたとき新たに発生するのがＩＭで、入力周波数と高調波関係にない一したがって不協和関係となり、耳に不快でヤカマシク感じる一成分を発生する点が高調波歪と違います。

◆第１４図◆　ハーモニックと歪の関係

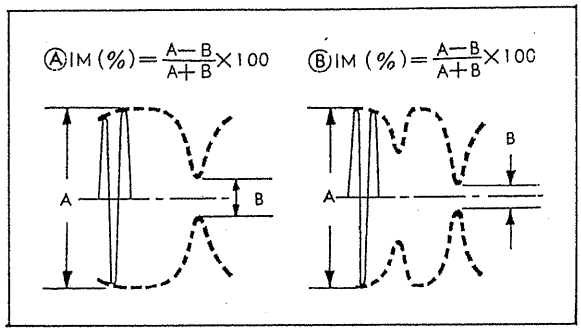


◆第１５図◆

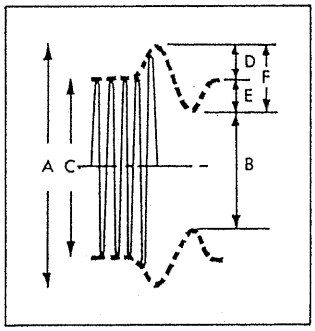


第 15 図はＩＭの発生する原理図で、振巾の大きい低音に小振巾の高音を重畳した複合波をグリッドに加えると、高音成分は、低音成分のため動作点がA→B→Cと移動させられるので、それに応じて出力電流はA′→B′→C′のように振巾が変化――つまり変調されるのです。第16, 17図は誇張して書いたＩＭにより変調された高音の図で、第 14 図と同様Ⓐは三極管、Ⓑは五極管の場合で、両者を比較してみてください。実際にＩＭを測定するには、第18図の接続を行います。　高域フイルタは、出力波形から変調された高音成分だけを取りだすもので、第 19 図（16頁）のような特性の微分回路です。

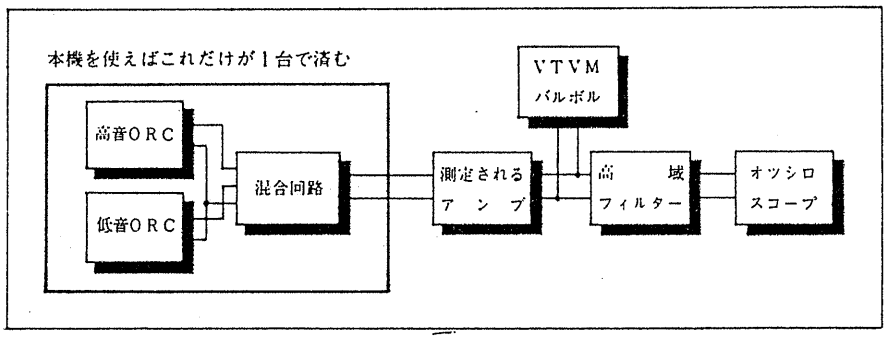
◆ 第１６図 ◆　三極管から出るIM波形、五極管から出るIM波形



◆ 第１７図 ◆　IMのはかり方

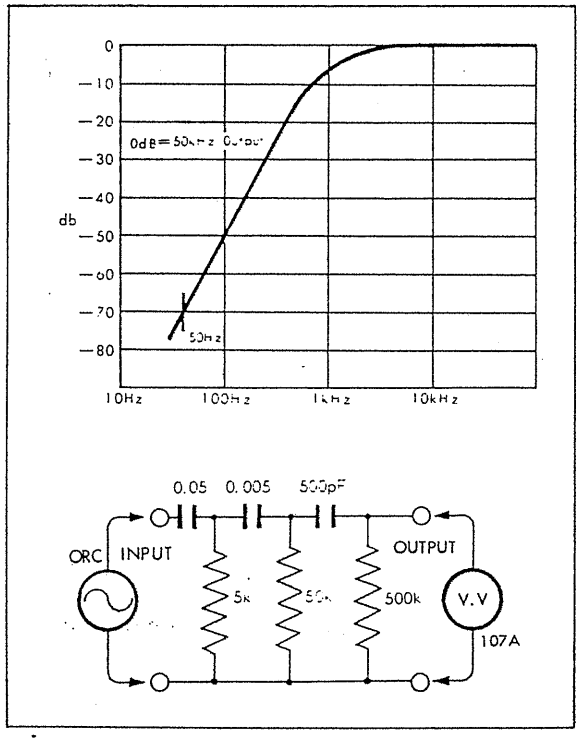


◆ 第１８図 ◆　IM測定法



◆ 第１９図 ◆

複合波から高周波だけをとり出すハイ・パス・フィルター



ＩＭの測定は、普通低音として電源周波数の 50 または、60 Hz を、高音としては３kHz～10kHz　が使われているようで、その振巾比は４：１に選ばれています。

では、なぜそのような値が使われるのでしょうか？　また、これ以外の値では駄目なのでしょうか？　それらについてはつぎのように解釈しています。　振巾比は10：１とか100：1のようにできるだけ高音成分を少なくするのが理想だと思います。　高音の振巾が大きいと、ＩＭされた波形は特性曲線の湾曲、つまりＩＭを起す原因を忠実に現わすことができません。　また、後記するように出力計の形式による誤差を減らすことができるからです。

--方、ＩＭで変調された高音を出力波形から分離するには、低音と高音の周波数が離れているほど、また高音が大きいほど有利ですから、結局現行の値がなんとなく標準的なものとして認められているように思えます。

ＩＭのもう--つの問題として、出力のきめ方があります。低音と高音の振巾比を４：１にとった複合波が、負荷抵抗Ｒに加えられたときの電力は、低音と高音をそれぞれ単独にＲに印加した場合の電力の和となりますから、この関係は、第20図に記入されている通りで、低音だけの電力の 17／16倍になります。

しかし、このときのアンプは、複合波の波高値と同じ波高値をもつ正弦波（第20図D）を取扱ったときと同じはたらきをしているからで、こう考えますと、

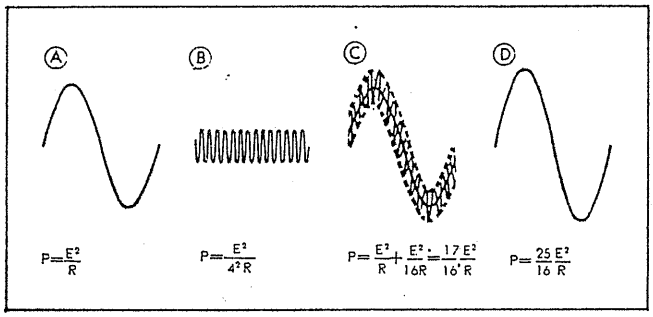
$$\frac{(1+1/4)^2\ E^2}{R} = \frac{25\,E^2}{16R}$$

の正弦波出力を出しているときと等価になります。

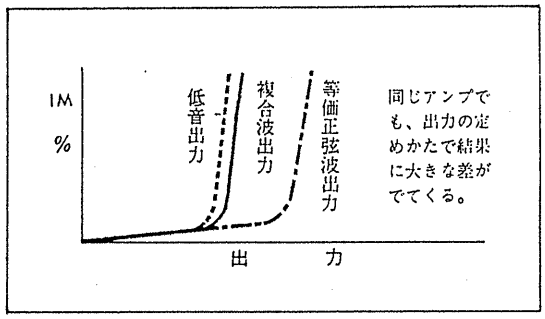
このような考え方の相違によって、出力が 25/16：17/16 ＝ 35/17 ＝ 1.47、 つまり 47 % もの大きな違いになって現われるのですから大変です。（第21図）『IMを測定してみると、アンプのパワーは案外に少ない』といわれていますが、その原因の一部はここにあるのだと思います。

いままでの出力－IM曲線は数えきれないほど拝見しましたが、出力の定め方についての説明はなかったようです。せめて測定法でも書いてあれば、その場合の出力が複合波出力か、それとも等価正弦波出力なのかわかるのですが、これも記入されていたためしがありません。 なぜなら、もし出力電圧を平均値指示計器（例えば、テスタのＡＣ電圧計）で測定したとすれば、これは低音のみの出力を測定していることになります。 また実効値指示形の計器（例えば、熱電電圧計）を使えば、複合波電力の測定ができます。 そして、波高値または、p－p電圧指示計器（例えば、P形バルボル）ならば、等価正弦波出力の測定が可能になるからです。

◆ 第２０図 ◆ 基本波と複合波は同じに取扱えない



◆ 第２１図 ◆ そこでIMの測定には注意が必要！

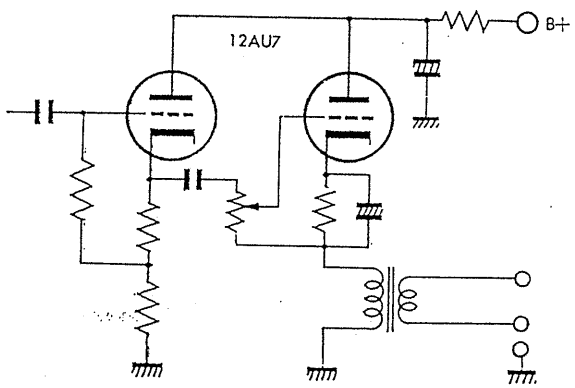


□出力回路

出力インピーダンスをさげるためにカソード・ホロワーにしました。 出力調整はそのカソード負荷を可変抵抗にして行っているため、周波数の高い方形波の出力電圧を、波形を崩さずにコントロールすることになります。

第 22 図は、第27図よりももう一歩前進した出力回路で、出力調整によって出力インピーダンスは変化しません。 ただし、トランスが上等でないとサッパリ方形波が通りません。

◆ 第２２図 ◆ 高級な出力回路



□付属回路

供試アンプに方形波を入れてその出力をオシロスコープで見るとアンプの過渡特性が一目でわかり、周波数特性の大体の傾向や、そのアンプが安定であるか、発振気味であるか、そして、それは何サイクルぐらいのところからという見当を容易につけることができます。

本機の方形波発生回路は、発振部 6AR5 のプレート側出力を12AT7の一方の三極管のグリッドとプレートの飽和特性を利用して形づくっています。

このクリップ回路は、入力波形の波高値が異なると方形波の時間巾がプラス側からマイナス側の各半サイクルで変ってしまうことがありますが、このＣＲ発振器は波形および、波高値が正確で安定ですからこのクリップ回路で充分満足できる方形波が得られます。

複合波を作る回路は、低い方の周波数はＡＣ電源を利用し、6X4の一方のプレートから 470kΩ と 0.1μ でデバイドして発振周波数と加え合わせています。 出力は６ＡＲ５を三極管接続とし、これをカソードホロワーでとりだしています。

出力インピーダンスは出力調整用 R_v のほぼ中央で最大になり、約 2.5kΩ になります。

□発振周波数の校正

校正する前に、ウイーン・ブリッジの容量をあわせる必要があります。

ラジオのコイル、バリコン、ダイアル目盛のように、発振素子のRとCを厳密な規格に合せておき、あらかじめ用意してある目盛に周波数を合せるようにしてあります。

この方法ですと、周波数標準は一つですみ、任意のレンジの、なるべくバリコンの容量の小さいところで唯一点のみ校正すればよく、その他の点、その他のレンジはひとりでに周波数が合うのでいたって簡単です。

いま、2000Hzの周波数標準があるものとして説明しますと、

① ×10（180～2000Hz）のレンジで動作させます。サーミスタは外して、R_rを入れておきます。

② 適当な方法、例えば、第23図のようにオシロスコープを使って校正される発振器から正しい2000Hzを発振させます。

③ そのときの指針が――

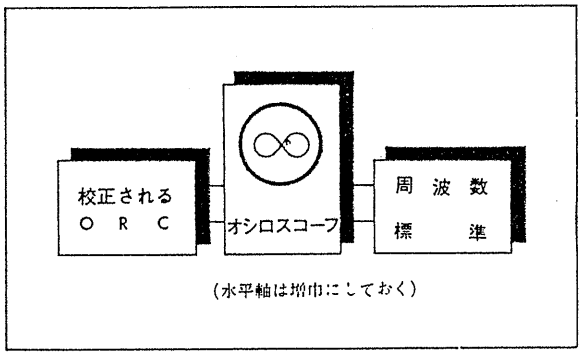
2000Hz以上を指していたら、容量が規定より少ないのですからC_3を締めて、したがってC_2も締めて容量合せを行います。

2000Hz以下を指していたら、前の例と反対にC_2を緩めます。

2000Hzの周波数が利用できないときは、2000Hz附近、あるいは、その整数倍か整数分の1が2000Hz附近になるような標準を使って、その値に指針を合せればよいわけです。

ＪＪＹ（日本標準電波）で校正した1000Hzの音叉発振器を標準にし、これと校正する発振器と2：1のリサージュを作るのも一つの方法です。

◆第23図◆ オシロスコープによる周波数校正法



□周波数標準

① JJYの1000Hz変調音

短波受信機があれば2.5, 5, 10, 15MHzの標準電波が利用できます。これは毎時0～10, 20～25, 40～50分が…… 1000Hzで変調され、1秒に1回85ミリ秒間1000Hz変調が切れるので一層便利です。（第1表）

☒第1表☒ ＪＪＹの発射時間

周波数	発射日時
2.5 MHz	毎日 0.00 ～ 翌日 24.00
5 MHz	毎日 0.00 ～ 24.00
10 MHz	毎日 0.00 ～ 24.00
15 MHz	毎日 0.00 ～ 24.00

⊙ 各波とも毎時25～34分まで電波を停止します。

⊙ 周波数確度は $\pm 5\times10^{-10}$ です。

② ピアノやオルガンなどの音

正しく調律された楽器のピッチは、アマチュア用としては充分な周波数標準になります。第2表は基準音Aに440Hzをとった場合の各音の周波数で、表に出ていない音はつぎのようにして求めます。

例えば、

$D^3\sharp = D^1\sharp \times 2 \times 2 \fallingdotseq 623 \times 4 = 2492$Hz

基準音Aはかならずしも440Hzにとらわれるとはかぎらず、435Hz ～ 440Hzの場合がありますから、つぎの時報音で校正すれば完全なものになります。

☒第2表☒ 標準楽器音周波数（平均率音階）

名称	周波数(Hz)	名称	周波数(Hz)	名称	周波数(Hz)
A_4	27.50	B	493.88	F^1	698.46
A_3	55.00	C^1	523.25	$F^1\sharp$	739.99
A_2	110.00	$C^1\sharp$	554.37	G^1	788.99
A_1	220.00	D^1	587.33	A^1	880.00
A	440.00	$D^1\sharp$	622.25	A^2	1760.00
A♯	466.16	E^1	659.20	A^3	3520.00

⊙ Aは基準音です。

③ ＮＨＫの時報

ポッ、ポッ、ポッ、ピーと鳴る『ポッ』の方が440Hz『ピー』の方が、それよりもオクターブ高い 880Hz です。 鳴っている時間の短い欠点はありますが 確度は 820 Hz の場合 0.00001 Hz 以内と発表されていますから標準電波級です。

④ 調律笛、調律音叉

楽器店に売っているバイオリンやピアノなどの調律に用いられる笛や音叉も、アマチュア標準に使用できそうです。 確度については何とも申しあげられませんが、用途から考えて、少なくとも半音の差(周波数比1.0590)にくらべてはるかに小さい誤差と考えてさしつかえないと思います。

⑤ 電源周波数

上記のいづれの方法も利用できないときは、 50 または 60 Hzの電源周波数を使うこともできます。

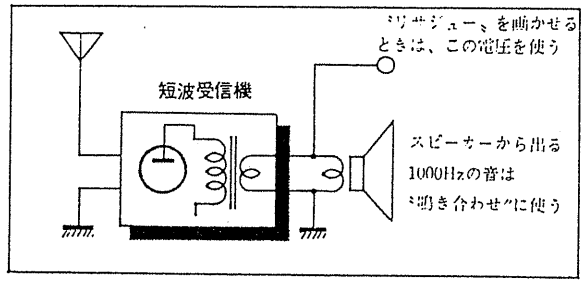
□周波数の校正

これらの周波数標準と、校正する発振器の周波数を比較するにはオシロスコープを使うのが最上で、第 23 図（19頁）のように接続し、オシロスコープの水平軸を『増巾』にしてリサージュ図形を作って判定します。

第二の方法は『鳴き合せ』で、両者の音の高さ（周波数）が接近してくると、唸りのため1秒間に周波数差の音の強弱が聞え、等しくなれば完全に協和（1度）します。(第24図)

鳴き合せの音量はなるべく音の大きさが同程度で、しかも大きいほど判定が楽で、他の協和関係、8度（2：1)、5度（3：2)、4度（4：3）あるいは、長6度（5：3)、長3度(5：4)や短3度(6：5)、短6度(8：5)も利用できます。

◆ 第24図 ◆ ＪＪＹを短波受信機で受けて1000Hzを出す



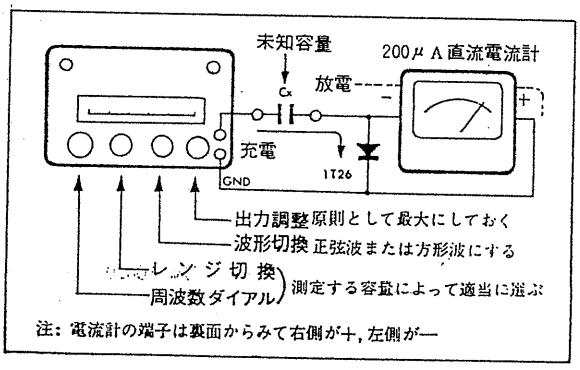
□RC低周波発振器 ORC-27A形の応用

□容量計としての利用法

本機にゲルマニウム・ダイオードと直流電流計を組合せると、そのまま直流容量計に早変りします。（第25図参照）その接続発振器の出力波形は、正弦波でも方形波でも良いのですが、正弦波のときは、メータの指示と容量が正比例しません。

ゲルマニウム・ダイオードはＴＶの映像検波用に使用されている高伝導度形が良く、メータの指示は方形波を使えば、第 26 図のように容量に比例します。

◆ 第25図 ◆ 容量計に早変り

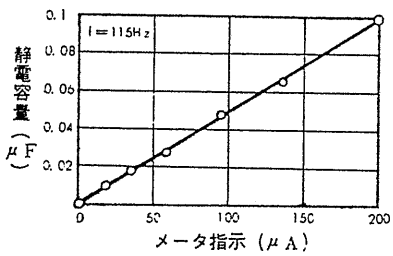


実際の使用法は、容量のはっきりわかっているコンデンサを数個用意して、メータが適当な値を指示するように周波数を調整（これが校正になる）すればよいのです。

第３表はそのときの周波数の例で、またセットにより周囲温度によりこの周波数はかなり変化することがあります。

◆ 第26図 ◆
(方形波で測定した一例)

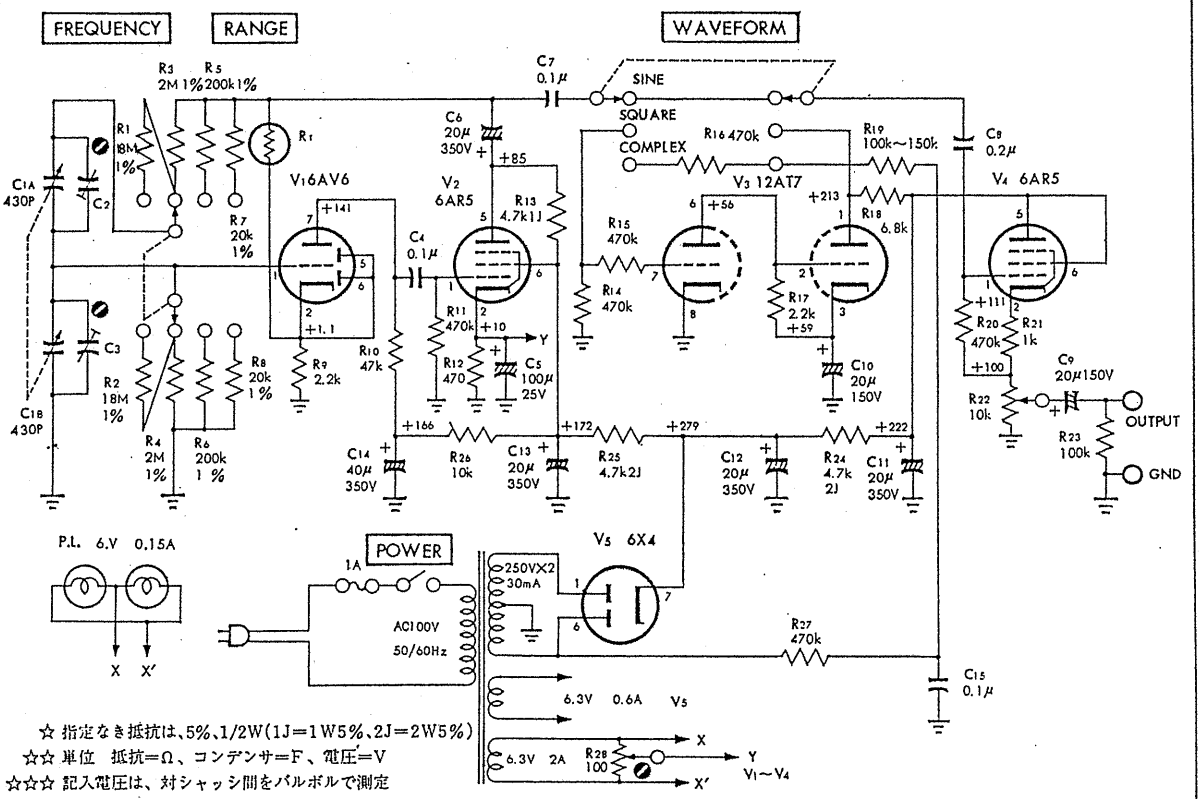
○静電容量はメーターの読みに比例



◆第3表◆

フルスケール	正弦波	方形波
100 pF	60 kHz	105 kHz
0.001 μF	8.5 kHz	13.5 kHz
0.01 μF	1.02 kHz	1.6 kHz
0.1 μF	115 Hz	75 Hz
0.5 μF	25 Hz	42 Hz

□RC低周波発振器ORC-27A形　回路図　◆第27図◆



☆ 指定なき抵抗は、5%、1/2W(1J=1W5%、2J=2W5%)
☆☆ 単位　抵抗=Ω、コンデンサ=F、電圧=V
☆☆☆ 記入電圧は、対シャッシ間をバルボルで測定

菊水電子
菊水電子工業株式会社
□本　社 (211) 神奈川県川崎市新丸子東3－1175☎(044)41－0111(代表)

■電子電圧計■デジタル電圧計■低周波発振器■ファンクションゼネレータ■オシロスコープ■カーブトレーサ■耐圧試験器■直流安定化電源
6910 2K S 22/160